

# Selección de materias primas para la confección de copas de sostenes para mujeres masectomizadas en Amoena de Costa Rica

Marlon Gudiño Salas

*Estudiante de Ciencia e Ingeniería de los Materiales en el Instituto Tecnológico de Costa Rica*

## RESUMEN

El presente trabajo fue elaborado en la sucursal de Costa Rica de la empresa Amoena, dedicada a la confección de sostenes para mujeres masectomizadas, y con colaboración del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Éste consistió en un estudio de la viabilidad de efectuar un cambio de proveedor de la tela para copas de sostén de esta compañía. Para esto, se definió una serie de parámetros que se consideró como clave para el desempeño de las telas ya sea durante su uso final o durante su proceso de producción. Luego, se realizó ensayos de diferentes tipos con el fin de evaluar estas propiedades y se determinó que el material suministrado por el proveedor nuevo, la compañía Darlington S.A, supera desde el punto de vista de propiedades al surtido por la empresa Taubert Brothers que era el proveedor antiguo. Por lo tanto, se confirmó la viabilidad y conveniencia de efectivamente realizar el cambio de proveedores, al menos desde el punto de vista de propiedades de la materia prima en este momento.

## Palabras clave

Sostenes, copas, nylon 6,6, elastano, comparación de proveedores, control de calidad de textiles

## ABSTRACT

The execution of this research was performed at the Costa Rican location of Amoena. It was developed with the collaboration of Instituto Tecnológico de Costa and had, as its main goal, the determination of whether a change of supplier was achievable and convenient for the company or not. The materials under study were cloths utilized in the production of brassieres' cups. The initial course of action was to generate a list of the properties with the greatest effect on the fabrics' performances during their processing as well as during their end use as bra cups. These properties were evaluated by multiple techniques and the comparison of the results clearly show that it is possible to go ahead with the change of supplier. The fact is that the new supplier, a company named Darlington Fabrics, provides cloths with a better mixture of properties than that of the old suppliers' cloths (Taubert Brothers). With all other things being equal, this chance may increase Amoena's revenue and its products quality.

## KEY WORDS

Brassieres, Cups, Nylon 6.6, Supplier Comparison, Quality Control in the apparel industry

## Introducción

Diferentes tipos de cáncer, en los que el proceso de división celular ocurre anormalmente y da pie a la formación y propagación de tumores malignos, constituyen, en conjunto, un área de estudio e investigación inmensa y de incesante crecimiento pues esta enfermedad es uno de los mayores males que enfrenta la humanidad. De ellos, el cáncer de seno se resalta como uno de los de mayor incidencia. En el 2008, por poner un ejemplo, se detectaron un total de 1,67 millones de casos a nivel mundial; lo que significa que más de 3 personas recibieron la noticia de que sufrían de esta enfermedad cada minuto. En muchos de los casos, la cura de esta enfermedad es inalcanzable y el personal médico se limita a realizar un tratamiento que permita a la persona convivir con la enfermedad lo mejor posible. En otros, sin embargo, y según el grado de propagación del tumor en el momento de detección, es posible detener esta propagación removiendo las zonas afectadas por esta enfermedad. Es frecuente, entonces, que miles de mujeres alrededor del mundo sean amputadas de uno de sus senos todos los meses (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, 2014).

Más allá de la vanidad y aspiración a la normalidad de las mujeres operadas, el tener un seno de menos irrumpe contra los conceptos de simetría bajo los cuales el cuerpo humano, así como la mayoría de naturaleza, está diseñado para funcionar. La distribución del peso de una mujer debe ser aproximadamente simétrica respecto al centro de su frente. De lo contrario, estudios han demostrado que ésta podría sufrir de problemas óseos y musculares que se desarrollan crónicamente. Es por esto, entre otras razones, que la reconstrucción o sustitución del seno extraído se vuelve bastante importante y beneficiosa. No a todas las mujeres, sin embargo, se les puede efectuar una reconstrucción quirúrgica libre de riesgos e implicaciones perjudiciales para ella. Cuando esto ocurre, es necesario que el implante sea externo al paciente y una diferente clase de sostén debe ser diseñada.

El diseño de estos sostenes debe satisfacer cierto número de requisitos que garanticen su nivel de utilidad y la satisfacción del usuario. Éstos están dados, principalmente, por los materiales con los que se les fabrica y el proceso de manufactura a través del que se confecciona el sostén. De esta manera, resultan esenciales el estudio, desarrollo, innovación y control de los materiales, en su mayoría telas y elásticos, en la producción de estas piezas; así como lo hace el análisis de la respuesta de estos materiales a cada operación que se les realice. Un cambio pequeño en alguna característica de entrada de una tela o de los parámetros de algún proceso puede generar variaciones significativas en el desempeño del producto y, por tanto, variar la eficacia de su funcionalidad.

La empresa Amoena se emplea a producir sostenes para mujeres a las que se ha amputado un seno. Esta empresa desea evaluar la posibilidad de cambiar o dar más peso a ciertos proveedores de tela y de tirantes para disminuir sus costos. Sin embargo, esto no puede ser llevado a cabo si viene de la mano de un decremento del desempeño de la materia prima y, por tanto, la calidad del producto y la satisfacción del cliente. De ahí, que surja la necesidad de realizar cierta comparación funcional y estadísticamente significativa que permita establecer si un proveedor es mejor que otro o son equivalentes, más allá de los que establezcan en las especificaciones de sus productos.

Este trabajo consistirá en evaluar la posibilidad de reemplazar a parte de la tela recibida del proveedor Taubert utilizada para la confección de copas por su equivalente en calidad y precio de la empresa Darlington

Las telas se reciben en forma de bobinas. A partir de esta disposición, se corta trozos de tela y se les da la forma de copa a través de un proceso de moldeo. En el moldeo de copas, se les aplica a las piezas planas cierta cantidad de presión con un molde tipo bala a la vez que se les calienta para darles la profundidad deseada de manera permanente. Las entradas de este proceso de moldeo son la presión aplicada, el tamaño del molde y la temperatura a la que se realiza la operación, así como el tiempo en el que se mantiene la carga sobre el material (Karthika, 2011).

El calor proporcionado tiene el objetivo de suavizar al material a ser moldeado y su selección depende básicamente de la identidad química de la tela pues ésta determina la estabilidad de sus propiedades mecánicas con los cambios de temperatura.

Otras entradas como la fuerza aplicada y el tiempo de sostenimiento dependen tanto de la forma y la talla que se desea crear como de las propiedades mecánicas de la tela. Una tela muy rígida requerirá que se utilice una mayor presión, pero un menor tiempo, que un material que sea más suave. Por lo tanto, es importante controlar las propiedades mecánicas de los insumos y tratar de mantenerlas tan homogéneas como sea posible. Usualmente, el establecimiento de los parámetros de moldeo no se realiza pieza tras pieza. Lo común es, por el contrario, introducir los parámetros al iniciar el turno y moldear tantas piezas como se pueda durante ese periodo. Esto puede generar diferencias dimensionales en las copas moldeadas pues los parámetros de moldeo no fueron determinados según sus propiedades reales, sino según un promedio de ellas que puede no ser suficientemente representativo de todas las piezas. Es por esto que la variabilidad en las propiedades mecánicas y de otros tipos de las telas a moldear se vuelve un factor crítico a la hora de seleccionar un material o proveedor. El estar cambiando de parámetros de moldeo u otros procesos constantemente debido a variabilidad en la materia prima implica un gasto de tiempo adicional y, por tanto, disminuye de manera significativa la productividad de la planta

### Metodología

Con el fin de obtener conclusiones comparativas sobre la calidad de las telas de dos proveedores se realizó a muestras de las mismas diversos ensayos que permiten cuantificar sus características de interés. Como sujeto de análisis para cada prueba se seleccionó al estilo 4WF de la compañía Taubert Brothers y al 96420 en representación de Darlington S.A ya que el precio de dichos productos es similar y se les considera como la versión de cada compañía de la misma calidad de tela. A continuación, se describe algunas de las pruebas realizadas.

#### 1. Inspección Visual de las telas

De manera visual se inspeccionó el 20 % de las telas de estos proveedores que entraron a la empresa durante tres meses. La cantidad de tela inspeccionada fue de 2750 yardas de cada proveedor. Ninguna de estas requirió más preparación que sacar a cada bobina de la bodega y situarla sobre el sistema dispensador.

#### 2. Pruebas de combustión.

Se realizó pruebas de combustión a 2 muestras cuadradas de cada tipo de tela como una manera de identificar sus componentes. Las pruebas fueron realizadas utilizando la llama de acetileno del Taller de la Escuela de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

#### 3. Microscopía electrónica de barrido

Como una alternativa a la identificación cualitativa por pruebas de combustión, que es un método poco depurado y preciso, se procedió a observar las fibras en el microscopio electrónico Hitachi TM 3000 compararlas con las registradas en normas para tratar de identificarlas y observar algunas características como el tamaño y la distribución de sus poros.

#### 4. Pruebas de lavado

Estas pruebas consisten básicamente en realizar tres ciclos de lavado y secado en condiciones extremas a las telas y determinar los cambios dimensionales que éstas hayan sufrido. Para esto, se tomó 72 muestras de cada tipo de tela (36 cortadas a lo ancho y 36 a lo largo) y, con corrector líquido, se dibujó un par de puntos 5 o 10 pulgadas entre sí. Una vez terminados los tres ciclos de lavado y secado, se dejó a las muestras acondicionar durante 16 horas tras la cuales se volvió a medir las distancias entre los puntos.

5. Pruebas de tensión.

Se utilizó el tensiómetro Z25 Zwick Roell del laboratorio de Amoena para realizar estas pruebas. En él se realizó pruebas de tensión a 6 probetas de cada tela (3 tomadas según el largo y 3 según el ancho. Cada prueba realizada constó de tres ciclos sucesivos de los cuáles sólo se tomó los resultados del último mientras que los otros dos funcionaron como acondicionamiento.

En cada ciclo, se aplicó una fuerza máxima de 10 N a la muestra para estirarla a una velocidad de 500 milímetros por minuto. Se registró como resultado a las elongaciones producidas durante el tercer ciclo de aplicación de la fuerza y como resultado final o variable de respuesta a la cantidad de elongación alcanzada tras la aplicación de los 10 N al finalizar el tercer ciclo.

6. Prueba de decoloración por fricción

En su uso diario, es muy común que la ropa interior sufra de esfuerzos por fricción debido a su rozamiento constante con la vestimenta exterior y el cuerpo de la mujer. Por esta razón, se decidió ejecutar una prueba estandarizada para estimar la resistencia de las prendas a perder su color debido a este contacto y además transferirlo a otros objetos.

Para esto, se extrajo tres muestras de cada variación de tela cinco días diferentes. Una de las cuales fue expuesta a fricción húmeda mientras que las otras dos lo fueron a fricción seca. A ambas se les dio básicamente el mismo tratamiento con la diferencia de que a la muestra para fricción húmeda se le aplicó agua destilada hasta que su peso incrementara en un 65 %.

Luego de preparar las muestras, se les colocó junto con un trozo de algodón blanco calidad patrón dentro del fricciómetro AATCC modelo V238AA. Así se dispone a la muestra en contacto con el algodón y se ejecutan 100 ciclos de desplazamiento de un lado hacia otro propiciando que el color pase de la muestra al algodón blanco. Posteriormente, se extrae la muestra y el algodón y se mide el tono adquirido por el algodón. Esto arroja un valor de 1 a 5 para el nivel de decoloración sufrido.

7. Análisis termogravimétrico y de calorimetría diferencial.

A partir de análisis termogravimétricos, se buscó determinar la composición exacta de las telas y comparar esta información con los resultados obtenidos de las pruebas de solubilidad que son pruebas más difíciles de ejecutar, por lo que implican una mayor incertidumbre y se limitan a detectar los componentes uno a la vez. Para este análisis, se utilizó el equipo SDT Q600, se hizo un calentamiento lento en una atmósfera inerte (de nitrógeno). Las muestras utilizadas fueron de 10 microgramos aproximadamente y se les llevó a 630 grados Celsius a una tasa de 5 Kelvin por minuto utilizando como gas de reflujo nitrógeno a 20 ml/ minuto.

8. Prueba de decoloración por agua destilada

Las telas también pueden sufrir decoloración debido al contacto con solventes comunes como el agua que se utiliza para lavarlas u otras más ácidas y agresivas como la transpiración humana. Estas situaciones se intentan simular con las siguientes pruebas de decoloración. En la que se realiza para simular el lavado, se cosió a las muestras con una tela multifibra número 10 en uno de sus extremos y se dispuso al ensamble en un plato Petri sobre el que se vertió agua destilada y se dejó en reposo durante 45 minutos.

Posteriormente, se presionó a las muestras con una varilla de vidrio de modo que permanecieran en el fondo del plato y absorbieran a la solución. Una vez que se hizo esto a 21 muestras, se colocó a la muestra sobre un acrílico y sobre ellas se puso un bloque de cromo de 4 kilogramos. Se les dejó en este estado durante 6 horas y, luego, se les introdujo a una estufa a 38 grados Celsius durante 6 horas. Finalmente, se dejó las muestras en reposo por un día más tras el cual se realizó la estimación de la transferencia de color de cada tela a la multifibra de una manera análoga a la descrita en la prueba de decoloración por fricción.

9. Prueba de decoloración por agua de mar.

Esta prueba se realizó de la misma manera que la anterior con la variación de sustituir al agua destilada por una solución artificial de agua marina para cuya confección bastó con introducir 300 g de cloruro de sodio y 50 g de cloruro de magnesio anhidro en un balón aforado rellanado con agua destilada hasta un litro de volumen.

10. Prueba de decoloración por transpiración

Esta prueba también corresponde a una variación de las dos anteriores por lo que su procedimiento es muy similar. En él, solamente se sustituye al agua destilada por una solución artificial del fluido secretado por glándulas sudoríparas humanas para cuya confección se introdujo 10 g de cloruro de sodio, 1 g de fosfato ácido de sodio, 1 g de ácido láctico y 0,25 g de cloruro de L-histidina en balones aforados rellanado con agua destilada hasta un volumen de 150 mililitros.

11. Prueba resistencia a la formación de pilling

Se simuló a nivel de laboratorio el proceso de formación de pilling debido a su uso utilizando un equipo especializado llamado pilling tester. Para estas pruebas, se tomó 3 muestras por cada tipo de tela con dimensiones de 10,5 cm cuadrados tomadas en ángulo de 45 con los lados de la tela. La prueba se realizó en concordancia con la norma ASTM D 3512 y, tras su finalización, el grado de pilling se determinó por comparación con estándares registrados en fotografías de la norma.

12. Gramaje

La masa de la tela por unidad de peso es un factor importante en la determinación de la cantidad, el costo y la calidad de la misma. En las pruebas de gramaje realizadas a estas telas, simplemente se pesó a muestras de dimensiones conocidas en una balanza analítica. Se hizo esta medición a 80 rodajas de cada tela con el fin de observar su variación entre sí y con respecto a las demás.

## Resultados y Análisis

1. Inspección visual de las telas.

En las telas inspeccionadas se encontró diversos defectos de todas las posibles calificaciones. En total, se revisó 2 750 yardas de cada proveedor y se encontró una razón de 0,26 puntos por yarda para las telas de Darlington y de 0,34 para la tela Taubert. Ambas razones son calculadas simplemente dividiendo el puntaje total de los defectos encontrados en las telas entre la cantidad de yardas inspeccionadas y resultan aceptables por lo que este factor no será decisivo en la selección del proveedor. Sin embargo, la superioridad del proveedor Darlington en cuanto a presentar defectos con una menor combinación de frecuencia y severidad le da una leve ventaja que no será descartada en caso de que las demás características sean parejas.

2. Pruebas de combustión

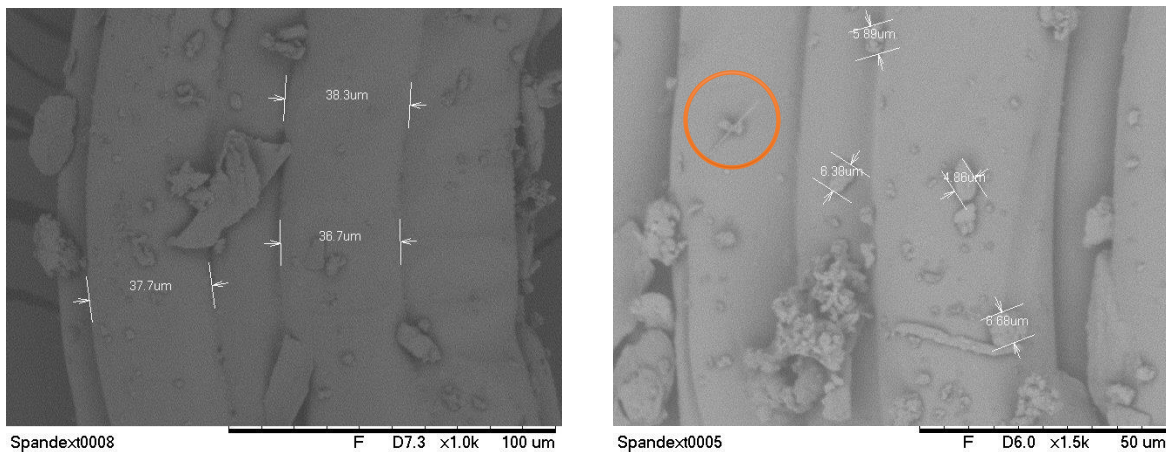
El comportamiento observado en todas las muestras, sí concuerda en la mayoría de los aspectos con una ponderación de los comportamientos conocidos del nylon y spandex. Sin embargo, la correspondencia sólo es parcial pues la presencia de colorantes distorsiona los resultados. Además, dos muestras que responden a la misma ficha técnica presentan respuestas muy diferentes a la llama debido a su coloración. Por esta razón, se ha determinado que las pruebas de combustión no son una buena herramienta para realmente determinar la composición cualitativa de un tejido. Si no se hubiera tenido la información previa de las fichas técnicas, probablemente se hubiera pensado en la presencia de otras fibras y, aun teniéndola, los resultados no son claros ni confiables. Los resultados parecen

indicar que los pigmentos contenidos en la tela color negro hacen a la tela inflamable o que los de la color coñac son más bien retardantes de la llama. Se buscará confirmar o complementar esta información con análisis termogravimétricos.

### 3. Microscopía electrónica de barrido

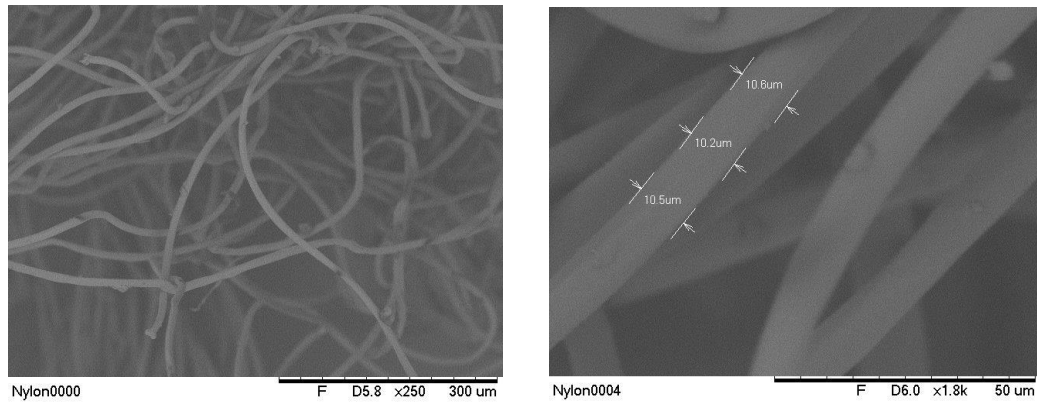
A continuación, se muestra las micrografías tomadas a los tejidos de cada tela. En primera instancia, se intentó observar hilos individuales de cada tipo de tela (nylon y spandex) para tener una buena idea de cómo se ven antes de intentar identificarlos dentro de la tela.

Los hilos a simple vista parecen consistir en fibras individuales incluso se comportaban como una unidad a estirarlos y manipularlos. Sin embargo, al observarlos en el microscopio, la realidad resultó ser diferente. En la Figura 1, se observa como en realidad estas fibras estaban formadas por varios hilos agrupados de manera paralela. Esta agrupación debió ser un proceso previo a la etapa de tejido en la que los enlaces entre hilos o grupos de hilo se dan por atrapamiento mecánico. Este no parece ser el caso en la agrupación observada ya que no las fibras no parecen estar enredadas entre sí, sino descansar una sobre otra manera de pila que probablemente se mantiene unida por un aglomerante más que por tensiones mecánicas.



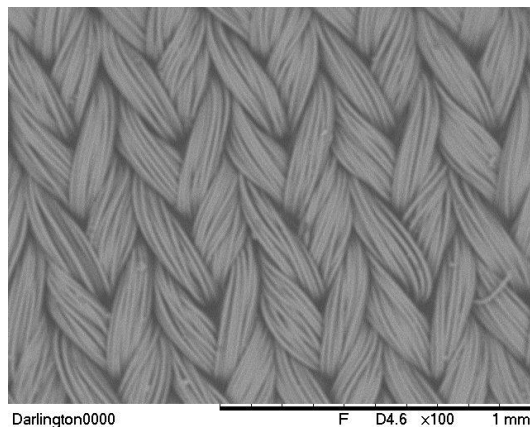
*Figura 1 Micrografía a altas magnificaciones (1000 y 1500x) de fibras de elastano separadas del tejido de una tela Taubert*

Las fibras de nylon, eran mucho más delgadas que las de elastano. Por esta razón, no se intentó obtener hilos separados de nylon; sino que se separó conjuntos de ellos esperando que el microscopio pudiera permitir observarlos de manera individual debido a que estos no se mantenían unidos como lo hizo el elastano. Esto se muestra en la Figura 29, correspondiente a una micrografía del nylon de baja magnificación. Como se puede ver, los hilos no descansan uno sobre otro con gran cohesión. En su lugar, se encuentran entrelazados pero se podrían separar uno de otros fácilmente pues el enlaces parece ser un simple entrecruzamiento mecánico y no de ninguna otra naturaleza.



*Figura 2. Micrografías de magnificaciones de 250 (izquierda) y 1800x de un conjunto de fibras de Nylon.*

Posteriormente, se pasó a tomar micrografías de las telas en su estado de suministro. La Figura 3 muestra a la estructura de un tejido de Darlington. Este consiste en un Jacquard muy ordenado en el que sólo se distingue un tipo de tela que posiblemente sea el Nylon debido a que es el que se encuentra en mayor cantidad. Se piensa que el spandex se ubica debajo del Jacquard observado dispuesto de manera transversal. El gran grado de orden y uniformidad del tejido dota a la tela de su apariencia lisa que se observa en la Figura 4 ya que todos los hilos están atados y a la misma altura.



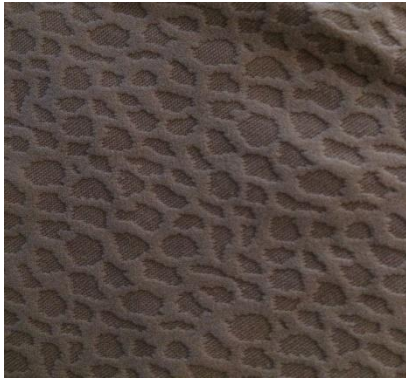
*Figura 3. Micrografía de baja magnificación (100x) de un tejido de Darlington*



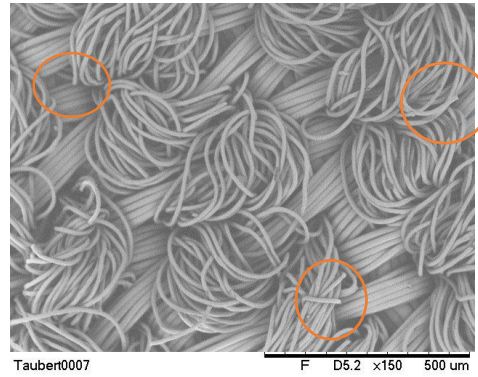
*Figura 4. Apariencia de un tejido provisto por la compañía Darlington*

La apariencia de los tejidos de Taubert no es lisa como la de las telas Darlington, sino que presenta el relieve mostrado en la Figura 5. Microscópicamente, en la Figura 6, se observa que este relieve se debe a la presencia de zonas desordenadas en las que los hilos están más sueltos que se presentan alternadas con zonas ordenadas como en un Jacquard.



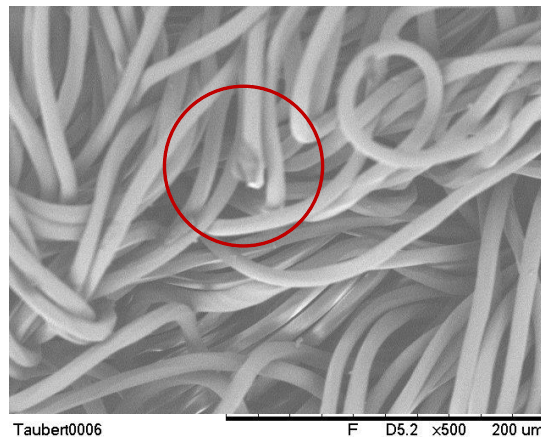


*Figura 5. Apariencia de un tejido provisto por la compañía Taubert*



*Figura 6. Micrografía de baja magnificación (150x) de un tejido de Taubert*

Además de la morfología del tejido, en la Figura 6, se logra observar varios defectos en la tela. Algunos de ellos se encierran en círculos naranja y consisten en hilos sueltos que no están amarrados a ninguna otra fibra. Esto solamente debería de ocurrir en las esquinas de la fibra ya que, de ocurrir en otras zonas, es posible que la tela empiece a despedazarse cuando se hale de alguno de esos hilos con su uso normal. Esto es un problema que Amoena ha estado teniendo con las telas de Taubert. Hilos de estos tejidos suelen soltarse durante alguna etapa del proceso de producción y provocar la producción de piezas de apariencia defectuosa. El origen de este problema no se había identificado. Las micrografías tomadas indican que este es un problema que viene del proveedor pues las telas se ven defectuosas en su estado de suministro. En la Figura 37, se hace un acercamiento aún mayor para observar mejor a un hilo suelto. Éste se encuentra en el centro de dicha figura.



*Figura 7. Micrografía de media magnificación (500x) de un tejido de Taubert*

Con las pruebas de microscopía, además se verificó el cumplimiento de varios parámetros de la ficha técnica de ambos materiales como la calidad del undimbre y densidad de hilos, entre otros. Los resultados fueron positivos en todas las verificaciones.

#### 4. Pruebas de lavado

Durante su confección e hilado, los tejidos son sometidos a esfuerzos tensiles de los cuales es normal que quede un remanente una vez removidos los actores de la fuerza. El hecho es que cada vez que se hala un hilo y se le tuerce para hacerlo rodear a otro y hacer un nudo, se está inevitablemente sometiendo al hilo a un esfuerzo proporcional a la deformación momentánea y



elástica que se quiere realizar en ese momento. La idea es que esos esfuerzos nunca sobrepasen el límite elástico, ya que, de hacerlo, se perderían las características geométricas del hilo e incluso se le habrá endurecido. De esta manera, y en un caso ideal, el hilo sólo sufriría una deformación elástica efímera en el momento en el que es estirado y recuperaría su tamaño una vez terminada la operación. Sin embargo, en la realidad esto es imposible para cualquier hilo debido a que están amarrados a otros hilos que probablemente estén tratando de recuperar su propio estado original quizá en una dirección diferente. Por lo tanto, lo que en realidad existe es una red de hilos que están cada uno intentando recuperar su tamaño original, mas son incapaces de hacerlo porque los demás se lo impiden (Weaver, 1983).

El esfuerzo creado de la manera recién descrita sobre cada material será equivalente al esfuerzo requerido para producir las deformaciones correspondientes a llevarlos al equilibrio y son inherentes al proceso de hilado. No obstante, por varias consideraciones como la estabilidad dimensional, resulta deseable que estos esfuerzos sean controlados y minimizados para mejorar la calidad de la tela.

Como se dijo en el párrafo anterior, el material siempre está buscando recuperar su equilibrio. Para hacerlo, sin embargo, requiere de energía para vencer los obstáculos que representa el resto del tejido. Esta energía puede encontrarla en cierta medida durante su ciclo de lavado o secado en el que es común que se les aplique calor. A nivel molecular, la energía térmica provista por procesos como el de secado no sólo evapora al agua y por tanto seca a la prenda; sino que también habilita a los átomos del tejido para realizar vibraciones más amplias y, por tanto, liberar esos esfuerzos y recuperar en cierta medida su forma original. El resultado neto de la deformación por liberación de tensiones de todos los hilos del tejido suele corresponder a un encogimiento de la tela en su largo y ancho. Sin embargo, el volumen de la tela debe ser constante ya que no se ha desprendido ninguna parte de ella. Por lo tanto, es de esperarse que el espesor de la tela aumente para compensar el cambio en el área transversal. De cualquier forma, también existe la posibilidad de que alguna de las dimensiones de ancho o largo más bien sufra una elongación. Este escenario es altamente indeseable debido a que representaría una distorsión considerable en el diseño de la tela. Una línea recta, por ejemplo, pasaría a poseer una inclinación importante (King, 1985).

*Tabla 1. Resumen de los resultados de las pruebas de cambio de dimensiones debido al lavado*

Estilo de la Tela	Porcentaje de Encogimiento		
	Largo	Ancho	Máximo Según Especificación
Darlington	3,89	3,056	5%
Taubert	2,15	1,389	5%

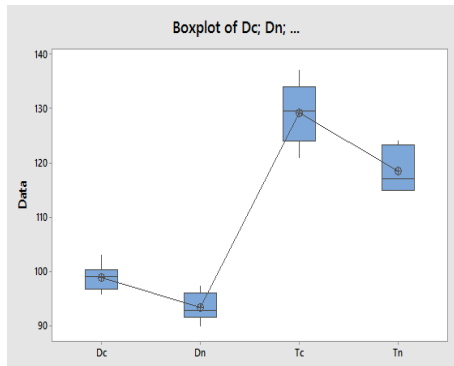
En la Tabla 1, se muestra el promedio de las deformaciones sufridas por todas las probetas de tela. Según esta tabla, ambas telas en promedio califican dentro de las especificaciones de sus proveedores. La tela Darlington, por ser más elástica, tiene un comportamiento que tiende más hacia el encogimiento que la Taubert. Ambas se encogen, en promedio alrededor de 0.8% más en su largo que en su ancho, por lo que podría pensarse que sufren de un mismo nivel de distorsión de su diseño. Sin embargo, ese 0,8% representa un 58% del encogimiento total en la tela Taubert mientras que es tan sólo un 21% del de la tela Darlington. Por lo tanto, se podría decir que la tela Taubert tiende a

distorsionarse más; y que probablemente con posteriores lavados que provoquen un encogimiento similar al de la tela Darlington, la diferencia entre el cambio sufrido por el ancho y el largo serán mayores que los de la tela Darlington. De esta manera, se puede concluir que, a pesar de que la tela Darlington se encoge más que la Taubert, ambas están dentro de especificación y la tela Darlington lo hace de una manera más uniforme por lo que sería el material favorecido por el análisis de esta característica.

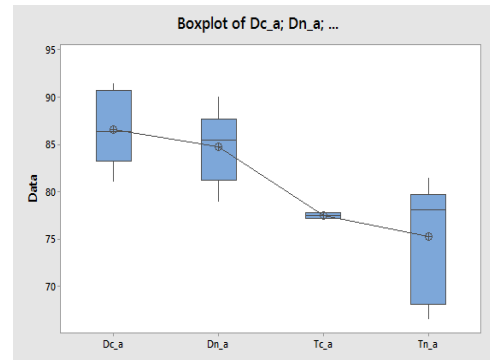
## 5. Pruebas de tensión

La totalidad de los resultados de las pruebas de tensión no serán parte de este artículo. En su lugar, se muestra los gráficos de cajas construidos con los porcentajes de elongación causados por la aplicación de tres ciclos de fuerza de 10 N de manera paralela al ancho y el largo de las probetas respectivamente.

En primera instancia, se observa que la resistencia a la elongación de las telas de Taubert son más variables que las de Darlington. Además, se nota que las muestras de Taubert se elongaron más que las de Darlington ya que son menos resistentes. Bajo el mismo razonamiento, se nota que las probetas coñac de cada proveedor se elongaron más que las negras.



*Figura 8. Gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al largo de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn)*



*Figura 9. Gráfico de cajas de la elongación a los 10 N aplicados paralelamente al ancho de las probetas de Darlington coñac (Dc), Darlington negro (Dn), Taubert coñac (Tc) y Taubert negro (Tn)*

Al analizar la situación en el ancho, los resultados son diferentes. Por ejemplo, se observa que las probetas de Darlington son más deformables que las de Taubert; mientras que la superioridad en la resistencia a la elongación de las probetas negras sólo se mantiene en el proveedor Darlington. En el proveedor Taubert, resulta difícil sacar conclusiones debido a que la variabilidad es muy alta para la producción de telas negras y muy baja para la de telas coñac.

De aquí, se podría pensar que las muestras del proveedor Darlington son más isotrópicas debido a que se obtuvo valores de elongación similares. Sin embargo, esto no es correcto ya que, como se observó en el SEM, las fibras del tejido Darlington están alineadas en un ángulo cercano a los 45 grados respecto al ancho o largo de la tela. Esto causa que el ancho y el largo tengan propiedades similares debido a que su orientación respecto a la de las fibras es parecida. Sin embargo, de tomar muestras a 45 grados del ancho, se espera que el resultado sean telas de mayor resistencia y menos deformables. Esta configuración es conveniente, de cualquier forma, porque las dimensiones en las que se suele trabajar, fijar parámetros y ejecutar mediciones suelen ser el ancho en el largo y cierto grado de simetría en la respuesta de esas orientaciones a los esfuerzos puede facilitar el diseño de los procesos de moldeo.

Otra ventaja considerable que presenta la tela de Darlington es que la variabilidad de sus propiedades tensiles es menor. Y se encontró que ambas de sus tonalidades sí responden a la misma ficha técnica adecuadamente

## 6. Prueba de decoloración por fricción

En la Tabla 2, se presenta los resultados promedio de las pruebas de decoloración por fricción húmeda y seca de todas las telas.

*Tabla 1. Decoloración por fricciones seca y húmeda promedio de diferentes telas*

Proveedor	Color	Decoloración por fricción seca	Decoloración por fricción húmeda
Taubert	Coñac	0,5	1
Darlington	Negro	1	1,5
Taubert	Negro	1,5	2
Darlington	Coñac	0,5	1

En la decoloración por fricción seca, no existe lubricación entre ninguna de las partes que se está moviendo por lo que se podría pensar que la decoloración será mayor. Sin embargo, el agua también puede actuar como solvente o agente facilitador de la transferencia de pigmentos por lo que puede más bien acelerar el proceso de decoloración. El factor dominante entre estos dos factores dependerá de la hidrofiliidad y solubilidad en el agua de los pigmentos presentes. En este caso, el efecto dominante fue el primero, lo que quiere decir que probablemente los pigmentos utilizados en estos tejidos sean de naturaleza hidrofílica. Esto se observa en la Tabla 2, ya que en ésta se indica que la decoloración por fricción húmeda es mayor en todos los casos a la causada por fricción seca.

En la Tabla 1, se observa que la decoloración en todos los medios es mayor en las tonalidades negras de ambos proveedores respecto a las versiones coñac. Esto es esperado debido a que el color negro dista más que el coñac del amarillo original del tejido por lo que, en las muestras color negro, se tuvo que haber utilizado una mayor cantidad de colorante que es el responsable de la transferencia de color. Al comparar las muestras de un mismo color, pero de diferentes proveedores, se puede observar que la tela del proveedor Taubert tiende a decolorarse ligeramente más que la de Darlington. La variación en el color coñac es imposible de divisar debido a que la decoloración es muy pequeña y la escala muy gruesa como para observar diferencias. En el caso de las probetas negras, por otro lado, sí se observa una variación de medio punto de decoloración. Este nivel de variación sí es una diferencia significativa si la vida útil del producto es mayor a 10 años por lo que se podría considerar superior a la tela Darlington negra con respecto a la Taubert negra según este criterio. Sobre las telas de otras tonalidades, sin embargo, la diferencia no es significativa.

## 7. Análisis Termogravimétricos y de calorimetría diferencial

A través de análisis térmicos, se extrajo distintas características de las muestras. De éstas, a continuación se expondrá a las de mayor importancia. En la Tabla 3, se muestra los calores específicos calculados para cada probeta en el rango de los 20 a 70 grados Celsius, así como los de otras sustancias para ser utilizados como referencias. No se nota diferencia alguna entre el calor específico de los proveedores. En las probetas color coñac el calor específico es el mismo, mientras que en el negro sí hay una pequeña variación, pero ésta no parece deberse a los constituyentes principales, sino a los aditivos que parecen estar en mayor cantidad en las muestras de color negro.

El calor específico representa la cantidad de energía necesaria para modificar la temperatura de un material. En piezas de vestuario, conviene que esta cantidad sea elevada para incrementar el confort térmico de los usuarios. En la Tabla 3, se observa que el calor específico de ambas telas es bastante superior al del algodón. Por lo tanto, se concluye que las telas son lo suficientemente adecuadas desde punto de vista ya que el algodón ha sido aceptado como material textil desde hace ya muchos años.

*Tabla 2 Calor específico de las muestras y de algunas sustancias a temperatura ambiente*

Muestra	Calor Específico (J/g/K)
Darlington negro	2552
Darlington coñac	2332
Taubert negro	2723
Taubert coñac	2331
Algodón	1356
Nylon puro	1760
Elastano puro	4600

A continuación, en la Tabla 4, se presenta los cuatro fenómenos de cambio de fase presentados en las cuatro pruebas y la temperatura a la que cada una ocurrió.

*Tabla 3. Temperaturas de transición observadas en las curvas de DSC de las diferentes muestras*

Probeta	Cristalización del elastano ( grados C)	Fusión del elastano (grados C)	Cristalización del nylon (grados C)	Fundición del nylon (grados C)
Darlington Coñac	225	236	248	259
Darlington Negro	207	225	251	260
Taubert Coñac	212	221	248	258
Taubert Negro	214	222	247	256

En todas las muestras, se observa coincidencia en los puntos de cristalización y fusión del nylon 6,6. En el elastano, esta coincidencia también se presenta, pero no es tan evidente en la probeta de Darlington color coñac. Esto se puede deber a que el elastano está contenido en las muestras en menor cantidad y, por lo tanto, es mucho más sensible a variaciones pequeñas. De cualquier manera, las curvas permitieron identificar a la composición de las muestras como combinaciones de elastano, nylon 6,6 y aditivos.

Para la cuantificación de estas fibras, se utilizará curvas termogravimétricas como la mostrada en la Figura 67. Éste corresponde a la muestra de Taubert color negro y presenta una pérdida de masa inicial cerca de los 100 grados Celsius de 2,54%. La pérdida de masa se observa en la curva verde de la Figura 67 mientras que su derivada se muestra en azul. Esta pérdida del 2,54% al agua contenida por la probeta y es una medida del grado de absorción y retención de humedad del ambiente que poseen las muestras. Luego de esto, la masa se mantiene estable hasta los 250 grados Celsius con la excepción una pequeña ganancia de masa que se da a los 210 °C. Esto es inusual pues se esperaría que la masa se pierda a medida que se va calentando y volatilizando componentes. Sin embargo, en este caso, ocurre un leve ascenso que se debe a que uno de los componentes de la tela reaccionó con el medio (de nitrógeno) e integró a parte de este gas dentro de su estructura. Ni el nylon 6,6 ni el spandex son capaces de llevar a cabo estas reacciones por lo que se atribuye este comportamiento a uno de los pigmentos. Ésta información sería muy útil para la identificación de los pigmentos, sin embargo, debido a escasez de tiempo para realizar el análisis más completo, no se logrará identificar a cada componente.

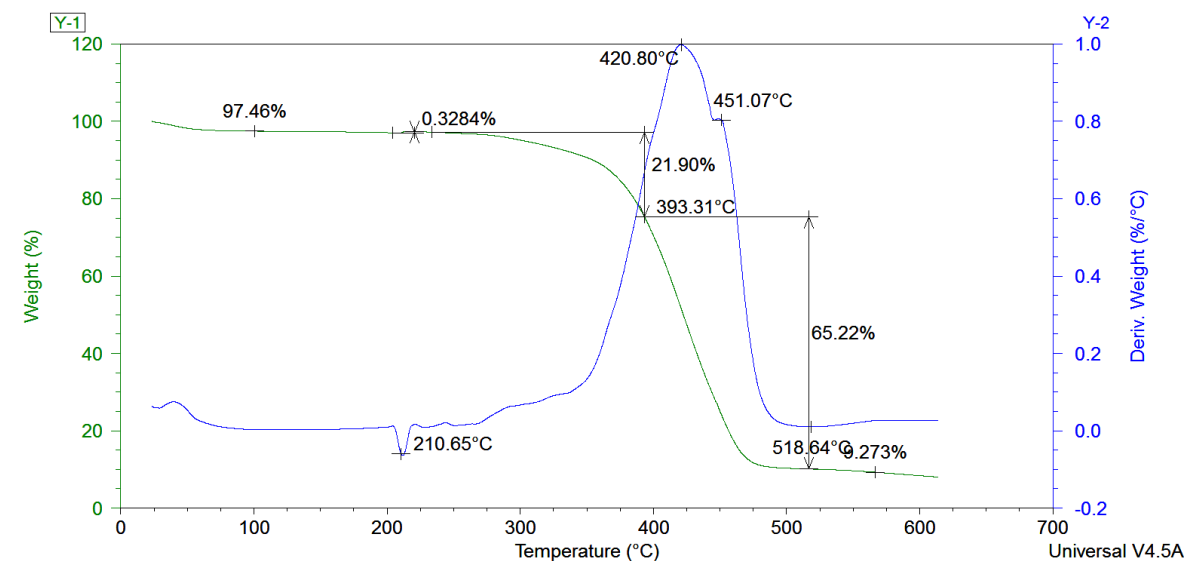


Figura 10 Curva termogravimétrica de una muestra de tela Taubert color negro

A partir de los 270 grados Celsius, inicia un fenómeno de pérdida de masa que en realidad corresponde a la ebullición del nylon y el elastano que constituyen a la muestra. Como se observa en la curva azul de la Figura 10, correspondiente a la derivada de la pérdida de masa, la pérdida de masa sí se da debido a dos fenómenos separados que se superponen por las temperaturas a las que ocurren. Esto es evidenciado por la presencia de dos picos en la tasa de cambio de la señal de peso; es decir, dos picos en la curva azul. En la curva verde de la Figura 10, esto también puede ser observado, aunque requiere de un mayor nivel de atención. Inicialmente, se observa que el descenso es lineal debido a que sólo uno de los componentes se está volatilizand. Seguidamente, se pasa a una región pequeña en la que la pérdida de masa de los dos componentes está superpuesta y, por tanto, la curva no es lineal. Al seguir calentando la muestra, el primer componente se termina de ebulir y se pasa a solo perder al segundo material por lo que la curva vuelve a ser de carácter lineal.

Debido a esa zona de superposición, que se pudo haber reducido mucho si se hubiera seguido las instrucciones dadas para la realización de las pruebas, existe cierta incertidumbre a la hora de determinar cuánta masa corresponde al compuesto que se volatiliza primero y cuánta al que se ebulle después, pues para hablar con exactitud se necesitaría precisar el momento justo en el que un componente ha terminado de ebulir y el otro comienza a hacerlo. En este caso, no existe un momento justo, sino que es un pequeño rango de no linealidad en la curva. Para esta muestra, éste se da, como lo muestra la Figura 10 entre los 380 y 393 grados Celsius. En este punto, se ha perdido un 21,9 % de la muestra. Por lo tanto, se puede concluir que la cantidad de elastano presente en esta muestra es levemente menor a ese valor. Como ajuste se definirá una cantidad de 1,4% como lo que se debe deducir. Por lo que el análisis arroja un contenido de elastano de 20,5% por parte de la tela Darlington color negro. El nylon 6,6 es el componente que se evapora más tarde. Al final de esta segunda evaporación, queda un 10,4 % de la muestra. Por lo tanto, el porcentaje de nylon 6,6 contenido es de 65,22 más el 0,4 que se dedujo del elastano, es decir 66,6. Otra información que resultaría de utilidad para identificar a los pigmentos es el hecho de que éstos permanecen en estado líquido después de los 600 grados Celsius. La composición determinada para la muestra Taubert color negro es la mostrada en la Tabla 5.

*Tabla 4 Composición de la tela de Taubert color negro determinada a través de TGA*

Componente	Porcentaje másico
Agua	2.5
Nylon 6,6	66.6
Elastano	20.5
Pigmentos	10.4

En la ficha técnica de la tela de Taubert, se reporta a la composición de la tela como de 23% elastano y 77 % Taubert. La composición real determinada es similar a la de la ficha técnica pero no exactamente igual. Esto es de esperarse debido a que en la ficha técnica no se hace ninguna consideración respecto a los pigmentos ni al agua retenida, sino que se les cataloga básicamente como si fuesen nylon.

Algo similar ocurre con todas las muestras. Por lo tanto, se puede decir que la composición de las telas sí concuerda, mayoritariamente, con lo especificado. Y la discrepancia se basa en que la información especificada en fichas técnicas está incompleta pero no incorrecta. Lo mismo ocurre con el proveedor Darlington. En la Tabla 6, se muestra, por lo tanto, las composiciones de las muestras ignorando la presencia de agua y colorantes simplemente para comparar con las fichas técnicas. Las composiciones concuerdan en todos los casos por lo que se puede decir que los cuatro materiales están cumpliendo la especificación que se les da, siempre mencionando que esa especificación podría ser de mejor calidad pues no incluye toda la información de composición de la tela.

*Tabla 5. Composición de las telas determinada a través de TGA ignorando la presencia de pigmentos y agua*

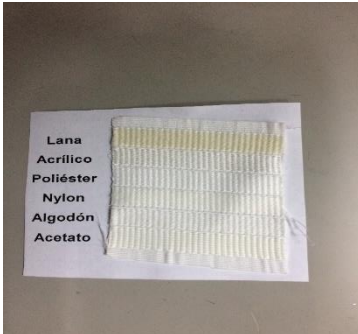
Muestra	Elastano	Nylon
Darlington coñac	14	86
Darlington negro	15	85
Darlington especificación	14	86
Taubert coñac	24	76
Taubert negro	24	76
Taubert especificación	23	77

Decoloraciones por agua destilada, agua de mar y transpiración ácida.

Como se observó en las pruebas de decoloración por fricción, la transferencia de color de la tela hacia otras prendas con las que entre en contacto es una situación que debe tomarse en cuenta en la selección de las telas. Este efecto es en gran parte regulado por el medio en el que se dé el contacto. El medio generalmente es aire húmedo y esto se simuló en las pruebas de decoloración por fricción. Sin embargo, en situaciones particulares que ocurren con cierta frecuencia, es posible que este medio sea diferente. Es común, por ejemplo, que las prendas se mojen con agua ya sea durante su lavado o durante su uso común.

En esta prueba se busca simular esas situaciones en las que la mujer se moja por alguna razón y su brassiere puede transferir el color a las prendas que están por encima de él. Se utiliza agua destilada para tener control sobre sus propiedades y trabajar con un material uniforme, ya que el agua de grifo puede presentar variaciones en diferentes partes del mundo y, por tanto, los resultados no serían tan aptos para su comparación.

Las prendas con las que los brassieres y, particularmente, sus copas están en frecuente contacto son vestidos, blusas, camisas y abrigos. Existe bastante variedad en los materiales con los que se confecciona estas prendas. Por lo tanto, simplemente realizar la prueba con algodón, como se hizo en la decoloración por fricción no sería un análisis completo. Para resolver esto, se utilizó la configuración de fibras mostrada en la Figura 11.



*Figura 11. Multifibra utilizada para las pruebas de decoloración y sus componentes*

En todas pruebas de decoloración, las probetas de Taubert causaron una decoloración levemente mayor que las de Darlington y el efecto de las telas demostró ser mayormente independiente de su coloración: sólo depende del proveedor. Además, se nota que el acetato y la lana fueron las fibras menos afectadas, probablemente por su naturaleza hidrofóbica mientras que los más afectados fueron los tejidos acrílicos y de nylon. La alta afectación del nylon se puede explicar por su alta afinidad con la tela que compone a las muestras. Esto causa que los pigmentos, que de por sí fueron diseñados para colorear al nylon de las muestras, migren con facilidad hacia otras fibras de nylon debido a que les resulta igual de conveniente unirse a un nylon u al otro.

Por todo lo anterior, se concluye de estas pruebas que realmente ninguna de las telas es superior a la otra según este criterio. Sino que su selección dependería del tipo de tela con la que se entre en contacto. Como ésta puede ser de distintas identidades, y resulta impráctico seleccionar a una tela para cada aplicación, no se nota una diferencia significativa que le dé ventaja a alguno de los proveedores.

#### 11. Prueba resistencia a la formación de pilling

Se conoce como pilling a la presencia de pelotas de diversos tamaños correspondientes a hilos abiertos y entrelazados entre sí sobre la superficie de tela (Needles, 1986). Su aparición no solamente es indeseable debido a razones estéticas, sino que también puede comprometer la salud de los usuarios de este tipo de productos. Esto se debe a que la dureza de los “pills” es bastante variable y puede llegar a alcanzar valores bastante altos. Es posible, entonces, que los pills sean lo suficientemente duros como para causar lesiones a las zonas con las que entren en contacto. En el caso de los sostenes de Amoena, se presupuesta que estas telas interactúen con partes íntimas parcialmente reconstruidas de mujeres que sufrieron de una enfermedad justamente en esa zona; por lo que ninguna característica de la tela que pueda causar una leve lesión es aceptable.

La prueba de pilling se basa en acelerar las condiciones que llevan a la producción de pills y comparar visualmente el efecto producido con fotografías registradas por el ente regulador ASTM. De esta manera, al material que presente una cantidad de pilling muy alto se le asignaría una resistencia al pilling de 1 que corresponde al valor mínimo mientras que el máximo correspondiente a una tela inmune al pilling es un 5. La compañía establece como valor mínimo de aceptación a una resistencia al pilling de 2,5 debido a las razones expuestas previamente

Se realizó la prueba 4 veces a varias muestras de cada tipo de tela y el promedio de sus resultados se muestra en la Figura 12. En ella se observa que ambos tipos de tela Darlington se mantienen en el rango aceptable durante la totalidad de la prueba. Este no es el caso de las telas del proveedor Taubert Brothers. Para este proveedor el nivel de pilling sufrido por la tela color negro pasa a ser inaceptable a partir del segundo ciclo mientras que el correspondiente a



la color coñac lo hace hasta su cuarto ciclo. La norma ASTM empleada está diseñada para simular aproximadamente 6 años de uso de la tela pues es este el periodo normal de uso de un accesorio textil. Por lo tanto, la importancia o futilidad de las diferencias encontradas entre ambos proveedores dependen de la vida útil que Amoena quiera dar a sus productos. Tomando en cuenta que la mayoría de los clientes que adquieren los sostenes de Amoena son mujeres mayores a 55 años y que su expectativa de vida es un poco menor que la de la población general. No resulta descabellado pensar que un sostén de Amoena debe estar diseñado para usarse durante 20 años aproximadamente.

El criterio de calidad en cuanto a la dureza de las partículas inmersas en pilling, sin embargo, no debe mantenerse constante con el tiempo ya que la dureza del pecho de las mujeres no lo hace. Por el contrario, es de esperarse que la piel de la mujer sea cada vez menos resistente a la penetración de partículas conforme ésta envejezca de manera que su tolerancia a elementos duros de pilling también irá decreciendo. Por lo tanto, partir del tercer ciclo de las pruebas de pilling (correspondiente a 18 años), se considerará indeseable para efectos de este documento valores de resistencia menores a 4,5.

Tomando en cuenta esta consideración, ambas tonalidades de la tela de Taubert Brothers son catalogadas como inaceptables después de 18 años de uso. No obstante, de nuevo, esto únicamente es importante si la tela está destinada a usarse por periodos similares a este

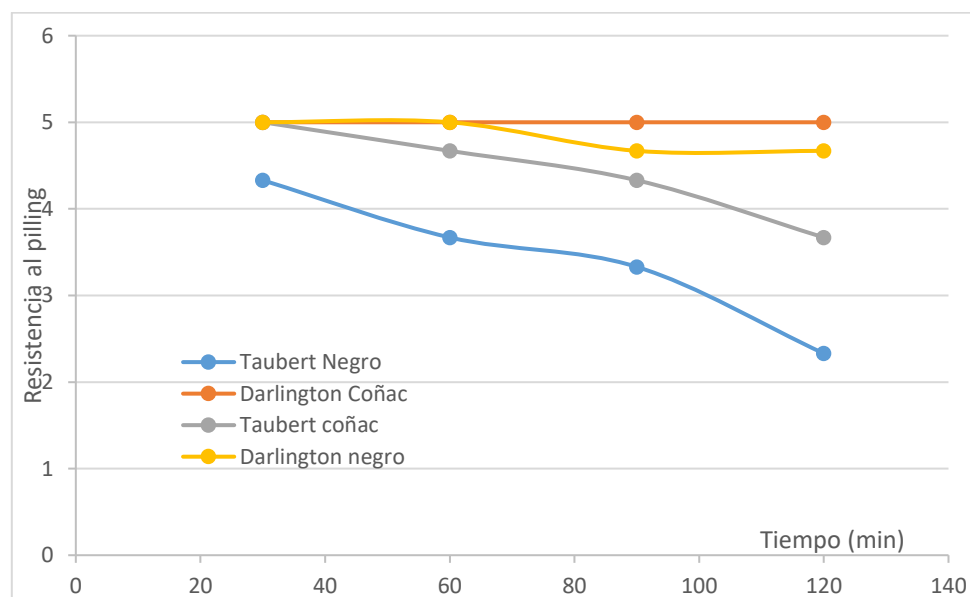


Figura 12. Resistencia promedio al pilling de diferentes telas tras la ampliación de la prueba de pilling

## 12. Gramaje

En la figura 13, se muestra las masas de 80 muestras redondas de cada tipo de tela. En esta figura resulta sencillo observar que la masa de las muestras de Taubert son, todas, más pesadas que las del proveedor Darlington. Esta diferencia es bastante mayor que la variabilidad por lo que se podría afirmar que éstas sí son significativas sin utilizar otra herramienta estadística. Además, se observa que la versión negra es más pesada que la coñac para ambos proveedores. La significancia de estas diferencias no es tan evidente a simple vista, no obstante, sí parece existir. En términos de variabilidad, se observa que las muestras negras son bastante más variables que las muestras coñac.

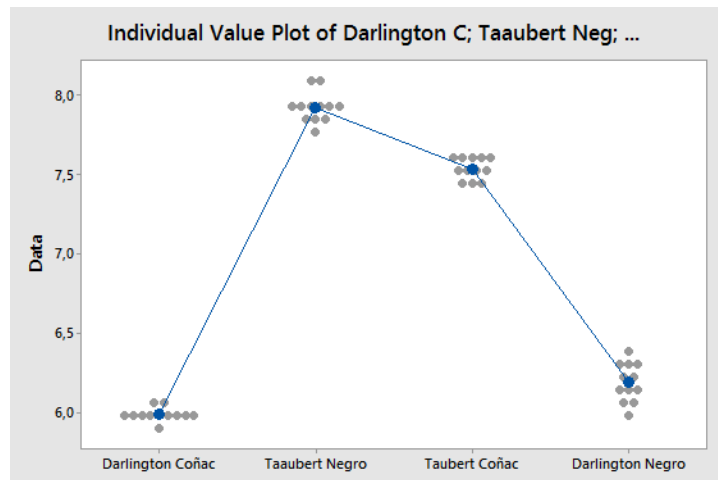


Figura 13 Gráfica de valores individuales para las masas de las probetas de distintos tipos de tela

El hecho de que dos características sean estadísticamente diferentes, sin embargo, no quiere decir que esta diferencia tenga una importancia práctica. Una variación tan pequeña en la masa de dos piezas de tela como la encontrada entre telas de un mismo proveedor sólo será importante si la cantidad de tela tratada es grande. En una sola pieza, se trabaja con volúmenes pequeños y, por tanto, la diferencia es despreciable. Para las operaciones de transporte, empaquetamiento y procesado de la tela, tanto dentro de la planta como afuera de ella, resulta conveniente contar con telas livianas; ya que, de esta manera, se puede confeccionar bobinas más extensas y, por tanto, incrementar la productividad de la fábrica. De esta manera, se concluye que la tela Darlington aventaja significativamente a la tela Taubert según su gramaje. La ventaja es aún mayor cuando se considera que el proveedor Taubert en su estilo negro está provisionando materiales con masas fuera de especificación.

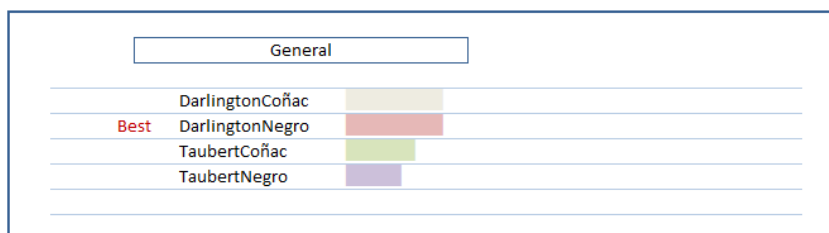
### Conclusiones

Durante el transcurso del proyecto, se identificó diferencias y similitudes entre las telas de los proveedores Darlington y Taubert Brothers y en su variación de colores. Se analizó varias propiedades, algunas de mayor importancia que otras y se encontró que la tela de Taubert aventaja a la Darlington en algunas características mientras que el desempeño de la tela de Darlington también es superior al de la Taubert bajo otros criterios.

Por esta razón, se confeccionó la Tabla 77 con el fin de ponderar a los diferentes criterios que dan ventaja a una tela u otra y obtener una cantidad numérica que permita decir cuál es mejor. Como se puede ver en la misma Tabla, a cada característica se le dio un peso diferenciado que tiene que ver con su nivel de importancia en la tela. La concordancia con la especificación en las propiedades ante tensión, por ejemplo, es mucho más importante que la resistencia a la decoloración por agua de mar. Esto se debe a que de la consistencia en las propiedades tensiles depende el que las telas puedan ser moldeadas apropiadamente mientras que la decoloración por agua de mar es un fenómeno que sólo va a ocurrir en algunas de las prendas que se va a confeccionar. De esta manera, tiene que existir alguna diferenciación que le dé más peso al criterio de la consistencia ante la tensión y esto es lo que se muestra en la segunda columna de la Tabla 27.

Tabla 6. Comparación ponderada de proveedores en las propiedades más relevantes

Quality Critical Features	Weights	DarlingtonCoñac	DarlingtonNegro	TaubertCoñac	TaubertNegro
Tasa de defectos aceptable	12%	9	9	7	7
Detección de defectos a través de SEM	11%	10	10	5	5
Cambio de dimensiones debido al lavado	5%	5	5	9	9
Simetría en ese cambio de dimensiones	13%	7	7	1	1
Nivel de esfuerzos residuales presentes	5%	6	6	9	9
Consistencia en pruebas tensiles en el larg	13%	10	10	6	6
Consistencia pruebas tensiles en el ancho	13%	6	10	10	4
Decoloración por fricción seca	9%	9	7	9	7
Decoloración por fricción húmeda	9%	8	6	8	4
Resistencia a la formación de pilling	9%	10	9	7	2
Total Scores:		80	79	71	54
Total Weighted Scores:		8,24	8,30	6,73	4,96
Rank:		2	1	3	4



En la primera columna de la Tabla 7, se escribe cada criterio de comparación. A esto sigue el nivel de importancia que se le da en comparación a los demás que es representado en forma porcentual. Finalmente, a partir de la tercera columna, se tiene a los cuatro tipos de tela analizados. En cada casilla de esas columnas se colocó una puntuación del 1 al 10 según su desempeño en cada uno de los criterios de evaluación. (siendo 1 el peor desempeño posible y 10 el mejor). En la sección inferior, se suma los puntajes obtenidos en forma ponderada y se asigna una calificación final a cada tipo de tela. Estas calificaciones son ranqueadas numéricamente en la última fila de la tabla y de manera gráfica en la sección inferior.

Es importante indicar que muchos de los criterios que se tuvo ideados en un principio para comparar a las telas no están incluidos aquí debido a que no permitieron establecer diferencias. En varias de las pruebas ejecutadas, todas las telas tuvieron un desempeño similar. Sin embargo, esto no se sabía previamente a aplicarlas y, por lo tanto, sí fue importante llevarlas a cabo, ya que, de haber existido diferencias, esto hubiera sido importante.

El primer criterio de comparación utilizado es el observado durante la inspección visual de las telas. En esta prueba, se encontró que todos los tipos de tela demostraban la misma concordancia con el año y el largo de suministro que era reportado. De manera que esta característica no será incluida en la comparación, ya que no hay diferencias en la misma. Sí las hay, por otro lado, en la tasa de defectos encontrada en las telas. Ésta fue de 0,34 puntos por yarda en la tela de Taubert y 0,26 en la de Darlington. Ambas cantidades son menores que el 0,4 que es el máximo permitido en la tela, por lo que son aceptables. Sin embargo, la tasa de defectos de la tela de Taubert representa un 85 % de este valor mientras que la Darlington solamente un 65. Esto sí representa una ventaja para la tela de Darlington a la que se le asignará un 8 al puntaje de este criterio mientras que a la de Taubert se le da un 6 debido a que la tasa es aceptable pero cercana al límite, por lo que “apenas aprueba” la prueba. La tela de Darlington tiene un mejor desempeño y esto se le compensa con una puntuación de 8.

El siguiente criterio de comparación es el de la detección de defectos a través de Microscopía electrónica. Éste es un valor importante debido a que, durante la prueba, se logró observar hilos sueltos en algunas de las muestras a los que se responsabiliza por problemas de destejido que la

compañía sí ha venido sufriendo. Por esta razón, a este criterio se le da un peso mayor. La presencia de hilos sueltos solamente se presentó en la tela de Taubert y lo hizo en una densidad relativamente alta. Por lo tanto, a este proveedor se le da un puntaje de 5 mientras que a Darlington se le asigna un 10.

Este criterio es seguido por los determinados mediante las pruebas de lavado. El primero de ellos es el correspondiente a la simple distorsión de las telas debido al lavado. Se prefiere una tela que se encoja lo menos posible. Ambas telas están por debajo del valor máximo de especificación de 5%, pero el encogimiento de la tela de Taubert es bastante menor que el de la Darlington. Por lo tanto, a Taubert se le da un 9 y a Darlington un 5.

Un criterio más importante que aportan las pruebas de lavado es la simetría en el encogimiento sufrido. Como se explicó en el apartado respectivo, es muy importante que las telas se encojan en cantidades similares en su ancho y en su largo, pues, de lo contrario, las prendas serían muy distorsionadas. Es por esta razón que este factor de equidad en los encogimientos en las direcciones de la tela es más importante que el valor del encogimiento promedio en sí. El puntaje asignado en este criterio para la tela de Darlington es de 7 debido a que en esta tela el encogimiento en el ancho y el largo difirieron en un 30%. En la tela de Taubert, esta diferencia, en promedio, fue de casi 60%. Además, se observó casos en la tela de Taubert donde una de las dimensiones se alargaba y la otra se encogía. Por esta razón, se asigna un 1 a la tela Taubert en este criterio.

Los esfuerzos residuales presentes en las telas fueron determinados de manera cualitativa a través de las pruebas de tensión y constituyen el siguiente criterio de comparación. Éste no tiene un peso especialmente grande, pero fue más problemático en las telas de Darlington que en las de Taubert, por lo que a estas últimas se les asigna un 9 mientras que a las primeras un 6.

Los siguientes dos criterios son críticos en el proceso de producción de las copas, por lo que se les asigna un peso importante. Éstos consisten en la consistencia de la respuesta a la tensión de las telas tanto en su ancho como en su largo. Se busca que todas las probetas actúen de la misma manera y que, preferiblemente, esta manera sea la indicada en su especificación.

En las telas de Darlington color coñac se espera que menos de un 1% de los lotes se salga de especificación tanto en su ancho como en su largo debido a la tendencia presentada por las muestras y al nivel de control y capacidad del proceso. Por esto, se le asigna un 10 a esta clase de tela en ambos criterios. Las probetas de proveedor Darlington color negro, por otro lado, presentan un comportamiento similarmente positivo en el ancho, pero muy inferior en el largo (9% de piezas fuera de especificación esperadas. Por lo tanto, sus puntuaciones son de 6 y 10 respectivamente. Exactamente lo opuesto ocurre para las muestras de Taubert color coñac, por lo que su puntaje es de 6 en el largo y 10 en el ancho. La tela color negro del proveedor Taubert, finalmente, presenta tendencias de alta variabilidad en ambos sentidos. Su puntaje debe reflejar esto por lo que se le asigna un 6 en el largo y un 4 en el ancho

Siguen ahora los criterios de decoloración por fricción en ambientes secos y húmedos. Éstos son de importancia media y su evaluación resulta bastante sencilla a partir de los resultados presentados en las Tablas 11 y 12. En ellas, se observa que el desempeño ante la decoloración por fricción por fricción seca es superior en las telas color coñac e independiente del proveedor. Esto ocurre mientras que se observa que, en húmedo, la tela de Darlington es ligeramente superior.

El resto de las decoloraciones determinadas dependió de otros factores que no son el proveedor y no presentaron una tendencia constante que permita decir que un proveedor sea mejor que otro. Por esta razón, no se les incluirá en este análisis. Tampoco se incluirá los resultados de composición química y calor específico determinados a través de TGA, DSC, SEM y pruebas de solubilidad debido a que éstos resultaron igual de aceptables para todas las telas y, por tanto, no permiten diferenciar entre ellas.

Sí lo hace la resistencia a la formación de pilling que es el siguiente factor analizado. Los resultados, presentados en la Figura 79 y la Tabla 23, demuestran que el desempeño de las telas de Darlington es superior al de las de Taubert mientras que el de las de color coñac supera al de las negras. Además, se nota que la mayoría de estos comportamientos son aceptables durante los primeros años de uso.

El factor restante a considerar es el de los pesos de las telas. En general se prefiere una tela más liviana porque esto facilita su transporte y aumenta la velocidad de producción de la planta. En los resultados obtenidos, se observó que la variabilidad de las masas de las diferentes muestras es básicamente equivalente, por lo que esto no será un factor. Finalmente, se nota que la tela de Taubert es significativamente más pesada que la de Darlington. No obstante, este es un parámetro que solamente tiene injerencia sobre la facilidad de producción, por lo que solamente será tomado en cuenta si el análisis de los demás factores resulta equitativo. De lo contrario, se le considerará un factor irrelevante.

Como se observa en la Tabla 7, la tela de Darlington supera de manera significativa a la de Taubert cuando se toma en cuenta todos los criterios de calidad a los que se decidió darle relevancia. Esta diferencia es aún más notable cuando se trabaja con colores oscuros como el negro. De esta manera, se establece que, en este momento, la tela del proveedor de Darlington sería una mejor compra. Y que sí es factible realizar el cambio de proveedor.

Cabe señalar que para emitir este criterio, no se tomó en cuenta factores de logística de las empresas ni las relaciones diplomáticas previamente establecidas entre ellas. No se sabe si una de las empresas suele entregar los productos con retraso o si otra ofrece mejores opciones de pago o crédito. Por lo que esta área no ha sido incluida en el análisis que solamente se basó en las propiedades de la materia prima recibida en sí y, por tanto, no es suficiente para tomar la decisión, aunque considero que es el factor más importante.

Tampoco se tomó en cuenta el precio de cada material debido a que la empresa lo solicitó así para no parcializar los resultados. De manera que a quién elaboró este informe se le mantuvo ignorante del precio de cada tela para evitar que los resultados pudieran ser de cierta manera manipulados para justificar la selección del material más barato o caro según el enfoque.

## Referencias

Ahora Noticias. (3 de noviembre de 2014). 100 AÑOS DEL SOSTÉN: LA HISTORIA DE LA PRENDA QUE REVOLUCIONÓ EL ROPERO FEMENINO.

Amoena. (2007). *Políticas de control de calidad*.

Antron S.A. (2010). *The Difference between Type 6,6 and Type 6 Nylon*. Los Ángeles.

Basavilvazo, G. (25 de agosto de 2016). *La historia entera del sostén en menos de tres minutos*. Obtenido de Excelsior: <http://www.excelsior.com.mx/global/2015/09/17/1046276>

Baugh, G. (2010). *Manual de tejidos para diseñadores de moda*. Barcelona: Parramón Media.

Braun. (2004). *Simple methods for identification of*. USA: Hanser Publishers.

Brown, Lemay, Bursten, Murphy, & Woodyard. (2014). *Química. La ciencia central*. New York: Pearson.

DABEDAN Tejidos Ignífugos. (24 de setiembre de 2016). *Pilling, noticias*. Obtenido de <http://www.dabedan.com/pilling.html>

Forever yours lingerie. (2016). *Getting to know your bra*. Chicago.

- Fredercik International S.A de C.V. (2009). *El Brassier frederick Salud y Belleza*. Madrid.
- Goldstein, J. N. (2003). *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*. New York: Springer.
- Hernández, M. (2008). *Optimización, Estadística, Seis Sigma y Exce*. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México. (2014). *ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA MUNDIAL DE LA LUCHA CONTRA EL CÁNCER DE MAMA*. Aguascaliente: INEGI.
- Karthika, M. (2011). *Introduction to Knitting*. Detroit.
- Kast. (1998). *Identification of polymers*. Springer.
- King, R. (1985). *TEXTILE IDENTIFICATION, CONSERVATION, AND PRESERVATION*. New Jersey: Noyes Pubns.
- Masuda, Shimomura, & Hiram. (1999). *Crystallization and melting of binary mixtures of nylon 6 and nylon 66. A study by DSC*. Tokyo: Polymer Journal.
- Montgomery. (2004). *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD*. Limusa Wiley.
- Naik, A. (1999). *Fundamentos del Microscopio Electrónico y su Aplicación en la Investigación Textil*.
- Needles, H. (1986). *Textile fibers, dyes, finishess, and processes*. New Jersey: Noyes Publications.
- Schwartz, P., Rhodes, T., & Mansour. (1982). *Fabric forming systems*. New Jersey: Noyes Publications.
- Sedano, M. (7 de Diciembre de 2016). *LA DISTRIBUCIÓN NORMAL*. Obtenido de [http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Distrib\\_Normal.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Distrib_Normal.pdf)
- Skoog, D. H. (2008). *Principios de análisis instrumental*. México: Cengage Learning Editores.
- Solé, A. (2014). *El pilling en los artículos textiles*. 3C Tecnología.
- Stampler, L. (2014). The 100-Year History of the Modern Bra Is Also the History of Taking Off Bras. *Time*.
- Stilinsky. (2004). *Absorvance study, a review*.
- Textile Learner. (2012). *Anatomy of a Bra*.
- Valencia. (2008). *PRUEBAS DE LABORATORIO PARA TELAS*. Maracaibo.
- Weaver, J. (1983). *TEXTILE WET PROCESSES: Vol. I. Preparation of Fibers and Fabrics*. Boston.
- Wiley, J. (2008). *Principles and Applications of Thermal Analysis*. NY: Blackwell Publishing.